

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-166725

(43) 公開日 平成9年(1997)6月24日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/32

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/32

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-326643

(22) 出願日 平成7年(1995)12月15日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 横山 純

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

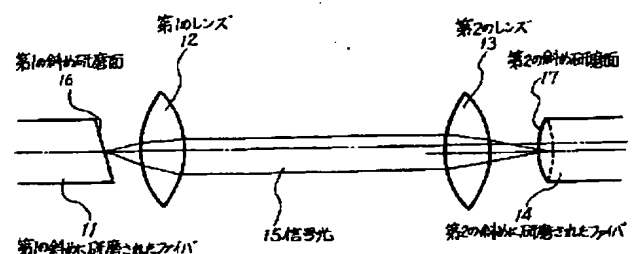
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 低偏光依存性光ファイバ接続構造

(57) 【要約】

【課題】 端面が斜め研磨された光ファイバどうしの接続において、反射戻り光を抑え、かつ損失偏光依存性を抑えることができるようにする。

【解決手段】 光軸に垂直な面に対して斜めに研磨された第1の端面を有する第1の光ファイバと、同様に斜めに研磨された第2の端面を有する第2の光ファイバとを含む光ファイバどうしの接続構造において、第1の光軸と第1の端面の法線を含む第1の面と、第2の光軸と第2の端面の法線を含む第2の面は互いにほぼ90度の角度をなすように配置されている。第1の光ファイバ及び第2の光ファイバの入出射部はそれぞれ光を集光するレンズを備えている。90度の出射角度をずらせることにより、P偏光、S偏光の斜め研磨端面で生じたP偏光、S偏光の損失差を互いに相殺することができ、損失偏光依存性を低く抑えることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の光軸に垂直な面に対して斜めに形成された第1の端面を有する第1の光ファイバと、光軸垂直な面に対して斜めに形成された第2の端面を有する第2の光ファイバとを含む端面斜め形成光ファイバの接続構造において、前記第1の光軸と前記第1の端面の法線を含む第1の面と、前記第2の光軸と前記第2の端面の法線を含む第2の面が互いに平行でないことを特徴とする低偏光依存性光ファイバ接続構造。

【請求項2】 前記第1の光軸と前記第1の端面の法線のなす第1の角度と前記第2の光軸と前記第1の端面の法線のなす第2の角度がほぼ等しいことを特徴とする請求項1記載の端面研磨光ファイバの接続構造。

【請求項3】 前記第1の面と前記第2の面は互いにはほぼ90度の角度をなすことを特徴とする請求項2記載の低偏光依存性光ファイバ接続構造。

【請求項4】 前記低偏光依存性光ファイバ接続構造は、さらに前記第1の光ファイバからの入出射光を集光する第1の集光手段と、前記第2の光ファイバからの入出射光を集光する第2の集光手段とを備えていることを特徴とする請求項3記載の低偏光依存性光ファイバ接続構造。

【請求項5】 前記第1の集光手段および第2の集光手段は、凸面を含むレンズであることを特徴とする請求項4記載の低偏光依存性光ファイバ接続構造。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】本発明は、端面が斜めに研磨された光ファイバどうしの接続構造に関する。

【0001】

【従来の技術】近年、光ファイバ通信の新たな発展により、様々な形態の光ファイバネットワークが構築され、それらのネットワーク内では様々な光部品が使用されるようになってきた。このため、通信の品質を維持するためには各光部品の端面等での反射戻り光を除去することが、以前にも増して重要になっている。

【0002】ガラス製の光ファイバを伝搬してきた光は、端面（空気との境界面）においてフレネル反射により約4%の反射率で反射戻り光が生じる。このため、端面での反射戻り光が元の光路に戻らないように、光ファイバの端面を斜めに研磨して戻り光の光路が角度ずれを起こすようにすることが一般に行われている。

【0003】従来の斜めに研磨した光ファイバを用いた半導体レーザ・光ファイバ結合回路の構成例を図5に示す。この半導体レーザ・光ファイバ結合回路は、半導体レーザ61、レンズ62、斜めに研磨された光ファイバ63で構成されている。このような構成の半導体レーザ・光ファイバ結合回路は、例えば特許公開公報特願昭平1-292877号に詳細に記載されている。

【0004】上記従来例では、斜めに研磨した光ファイ

バと半導体レーザとの結合構造についてを開示している。ここで、光ファイバ間に光アイソレータ、光フィルタ等を挿入する場合、これらの光部品によって生じる反射戻り光が半導体レーザへ結合するのを防止して安定な発振動作が行えるようにすることが必要になる。一般に、光ファイバどうしの接続部において発生する反射戻り光を除去する構成として、斜めに研磨した光ファイバどうしの接続構造が用いられている。

【0005】ここで、従来の斜めに研磨した光ファイバどうしの接続構造の構成を図6に示す。この接続構造は、第1の斜めに研磨した光ファイバ21、第1のレンズ22、第2のレンズ23、第2の斜めに研磨した光ファイバ24で構成されている。

【0006】第1の斜めに研磨した光ファイバ21から出射された信号光25は、第1のレンズ22、第2のレンズ23を経て第2の斜めに研磨した光ファイバ24に導かれる。第1の斜め研磨面26及び第2の斜め研磨面27は、同じ角度に研磨されている。また、第1のレンズ22及び第2のレンズ23を透過する際の収差の影響を抑制するため、第2の斜めに研磨面27は、第1の斜めに研磨面26と平行になる位置を基準として光路を軸にして180度回転させた位置に配置されている。このような構成により、高い反射減衰量を得ることができ、十分な戻り光の除去を行うことができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近年の光ファイバ増幅器の研究の進展、実用化に伴い、反射戻り光の抑制に加えて、損失偏光依存性の低減が強く要求されるようになってきている。例えば光ファイバ増幅器が用いられる光伝送装置の中で、多段中継伝送の光インラインアンプに使用される光受動部品では、高い反射減衰量が要求されることに加え、損失偏光依存性を極めて低くすることが要求される。

【0008】しかも、光ファイバ増幅器では、1.31 μ m帯シングルモードファイバに比べ、モードフィールド径の小さいエルビウムドープファイバ、0.98 μ m用シングルモードファイバなどが用られることが多い。これらの光ファイバは、モードフィールド径6 μ m程度であり、これらのファイバと接続される光部品は接続損失を小さくするために同一のモードフィールド径のファイバが用いられる。ところが、モードフィールド径の小さい光ファイバどうしの接続ほど偏光依存性は顕著に大きくなり、より損失偏光依存性の低減が求められる。

【0009】例えば、上述の光ファイバ増幅器の場合には、総偏光依存性は概ね0.1dB以下であることが要求されている。従って、図6に示される従来の接続構造を光ファイバ増幅器に適用した場合、レンズ間に挿入する光フィルタ、光アイソレータなどの光学素子において生じる偏光依存性も併せると、損失偏光依存性を要求される値以下に抑制することは極めて困難になる。

【0010】本発明は、端面が斜めに研磨された光ファイバどうしの接続であっても、反射戻り光を抑えるのみならず、損失偏光依存性も抑えることができる低偏光依存性光ファイバ接続構造を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の低偏光依存性光ファイバ接続構造は、上述の従来の接続構造の欠点を除去するために、第1の光軸に垂直な面に対して斜めに研磨された第1の端面を有する第1の光ファイバと、同様に斜めに研磨された第2の端面を有する第2の光ファイバとを含む低偏光依存性光ファイバ接続構造において、第1の光軸と第1の端面の法線を含む第1の面と、第2の光軸と第2の端面の法線を含む第2の面が互いに90度の角度をなすように配置されていることを特徴としている。そして、低偏光依存性光ファイバ接続構造は、さらに第1の光ファイバからの入出射光を集光する第1のレンズと第2の光ファイバからの入出射光を集光する第2のレンズをそれぞれ備えていることを特徴としている。

【0012】光ファイバどうしの接続においては、2本の光ファイバの両端面を光が透過することになる。従来は、接続損失を低減させることをのみを目的として、斜めに研磨された両光ファイバはその研磨面が互いに平行になるように配置されている。これに対して、本発明では、損失偏光依存性の発生原因が斜め研磨面を光が透過する際にP偏光とS偏光で屈折率差があり、この屈折率差が損失差につながることを、従来の接続構造では斜め研磨された端面が互いに平行に配置されるため、屈折率差に起因する損失偏光依存性が倍加されることという2点をまず抽出している。次に、一方の光ファイバ端面を透過する際に生じた偏光による屈折率の差を、次に透過する他方の光ファイバ端面で相殺することにより、結果として接続部において損失差が生じないようにしている。そして、具体的に相殺により損失差を除去する構成として、光ファイバの研磨端面が互いに90度の角度をなすように配置することにより、一方端でP偏光となった偏光を他方端でS偏光に、またその逆となるようにしている。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の低偏光依存性光ファイバ接続構造の構成を具体的に説明する前に、従来の接続構造において問題となる点について、その原因を検討する。

【0014】まず最初に、上述したように損失偏光依存性の発生原因を考えると、斜め研磨面を透過する際の信号光の透過率は、斜めに研磨した方向と平行方向の偏光(P偏光)と垂直方向の偏光(S偏光)で異なっていることが挙げられる。すなわち、斜めに研磨された光ファイバ端面から光が出射される際に、両偏光において屈折率に差があると、P偏光及びS偏光間で出射角度等に差

異を生じ、これが両偏光間の損失差となり、結果として接続部を設けることにより偏光依存性が生じることになる。

【0015】図3は、光ファイバの屈折率1.46としたときの斜め研磨角度とP偏光、S偏光の透過率の関係を調べた結果を示している。図3に示される通り、斜め研磨角度が大きくなるに従い、損失偏光依存性は大きくなるのがわかる。

【0016】図6に示される斜めに従来の接続構造では、第1の斜め研磨面26でP偏光(S偏光)として透過した信号光25は、第2の斜め研磨面27でもP偏光(S偏光)として透過する。従って、図3に示される接続構造の損失偏光依存性は、第1の斜め研磨面26の損失偏光依存性と第2の斜め研磨面27の損失偏光依存性を合計した値となる。

【0017】一方、図4は、光ファイバの屈折率を1.46、光ファイバモードフィールド径 $6\mu\text{m}$ とした時の斜め研磨角度と反射減衰量の関係を調べた結果を示している。反射減衰量は、ガウシアンビームの結合により求めることができる。図4によれば、反射減衰量を70dB以上確保するためには斜め研磨角度を12度以上とする必要があることがわかる。なお、この反射減衰量自体の算出方法については、河野健治著『光結合系の基礎と応用』(現代工学社;1991年1月出版)のP106～P112に詳細に述べられている。

【0018】ここで、第1の斜め研磨面及び第2の斜め研磨面の角度をともに12度とした場合、図3から損失偏光依存性はそれぞれ0.043dBとなることがわかる。従って、図6で示される従来の結合器の損失偏光依存性は0.086dBとなり、この接続構造を光ファイバ増幅器等に適用すると光アイソレータ等他の箇所により損失偏光依存性も加味して考えれば、反射減衰量を所望の値以下に抑制することが極めて困難になることがわかる。

【0019】次に、本発明の低偏光依存性光ファイバ接続構造の一実施例について図1を参照して詳細に説明する。

【0020】本発明の低偏光依存性光ファイバ接続構造は、第1の斜めに研磨した光ファイバ11、第1のレンズ12、第2のレンズ13、第2の斜めに研磨した光ファイバ14で構成されている。第1の斜めに研磨した光ファイバ11から出射された信号光15は、第1のレンズ12、第2のレンズ13を経て第2の斜めに研磨した光ファイバ14に導かれる。第1の斜め研磨面16及び第2の斜め研磨面17は、同じ角度に研磨されている。第2の斜めに研磨面17は、第1の斜め研磨面16と平行になる位置を基準として光路を軸にして90度回転させた位置に配置されている。なお、ここでは、レンズ自体の端面で反射が生じないように、表面に無反射コートが施された非球面レンズが用いられている。

【0021】本実施例では光ファイバ増幅器への適用を考慮して、第1の斜めに研磨した光ファイバ11、第2の斜めに研磨した光ファイバ14は、モードフィールド径 $6\mu\text{m}$ のものの使用が想定されている。第1の斜め研磨面16、第2の斜め研磨面17の角度はともに12度に設定されている。

【0022】従って、第1の斜め研磨面16、第2の斜め研磨面17の損失偏光依存性は上述の従来の構成において説明したのと同様、それぞれ0.043dBとなる。しかしながら、本実施例では、第1の斜め研磨面26でP偏光(S偏光)として透過した信号光25は、第2の斜め研磨面27ではS偏光(P偏光)として透過する。これにより、図1で示される光学系の損失偏光依存性は、第1の斜め研磨面の損失偏光依存性と第2の斜め研磨面の損失偏光依存性が打ち消しあい、0.01dB以下となる。従って、本実施例では、第1のレンズと第2のレンズの相対的な位置関係を調整することにより、過剰損失を0.05dB以内に抑制することができるように、従来の接続構造よりも大幅に偏光依存性を改善することができる。

【0023】なお、本実施例では、斜め研磨角度を12度としているが、12度以外の角度においても同様の効果が得られることは明白である。また、本実施例では、コリメートビーム系で説明しているが、集束ビーム系などどのようなレンズ結合系であっても有効であることは言うまでもない。

【0024】さらに、端面を斜めに形成するために、一般には研磨が用いられるため、端面研磨された光ファイバを用いて説明を行ったが、ブレードソー等により斜め端面を形成することも可能であり、本発明は研磨により形成された斜め端面に限定するものでもない。また、本実施例では、レンズを用いた構成を示したが、光ファイバは端面において集光作用を有していればよい。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の低偏光依存性光ファイバ接続構造は、斜めに研磨された光ファイバどうしを接続する構成において、光軸と端面法線を含む面どうしが90度の角度をなすように配置することにより、一方の端面で生じた屈折率差による損失偏光依存

性を他方の面で相殺するようにしている。これにより反射戻り光の低減という機能を維持しつつ、損失偏光依存性も低く抑えることができるようになる。この結果、低偏光依存性光ファイバ接続構造を、光ファイバ増幅器などに適用することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の低偏光依存性光ファイバ接続構造の一実施例の構成を示す図である。

【図2】光ファイバの屈折率を1.46とした時の斜め研磨角度とP偏光、S偏光の透過率の関係を示すグラフである。

【図3】光ファイバの屈折率を1.46とした時の斜め研磨角度と損失偏光依存性の関係を示すグラフである。

【図4】光ファイバの屈折率を1.46、光ファイバモードフィールド径 $6\mu\text{m}$ とした時の斜め研磨角度と反射減衰量の関係を示すグラフである。

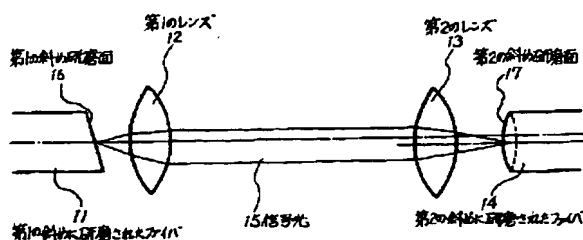
【図5】従来の低偏光依存性光ファイバ接続構造の構成を示す図である。

【図6】従来の半導体レーザと斜めに研磨した光ファイバの結合回路の構成を示す図である。

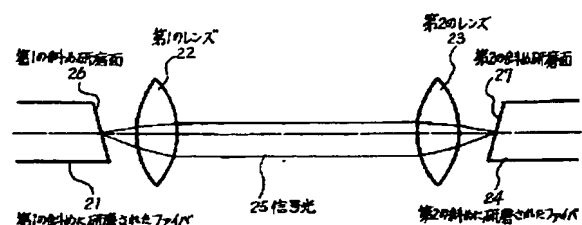
【符号の説明】

- 11 端面斜め研磨光ファイバ
- 14 端面斜め研磨光ファイバ
- 21 端面斜め研磨光ファイバ
- 24 端面斜め研磨光ファイバ
- 63 端面斜め研磨光ファイバ
- 12 レンズ
- 13 レンズ
- 22 レンズ
- 23 レンズ
- 62 レンズ
- 15 信号光
- 25 信号光
- 16 斜め研磨面
- 17 斜め研磨面
- 26 斜め研磨面
- 27 斜め研磨面
- 61 半導体レーザ

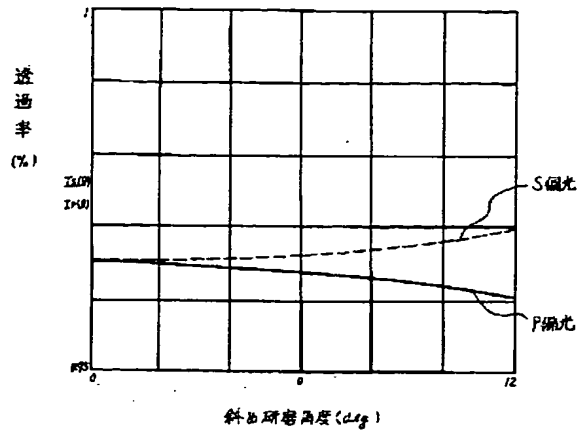
【図1】



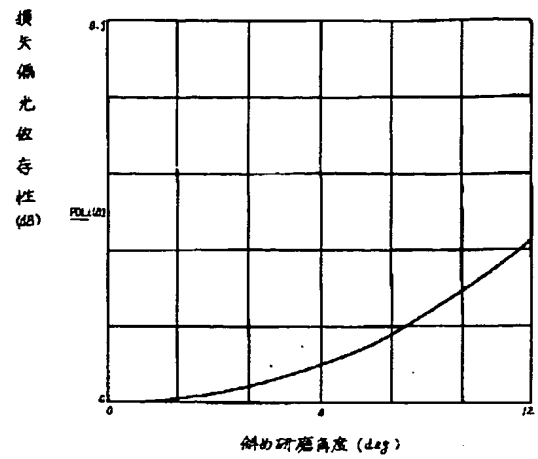
【図2】



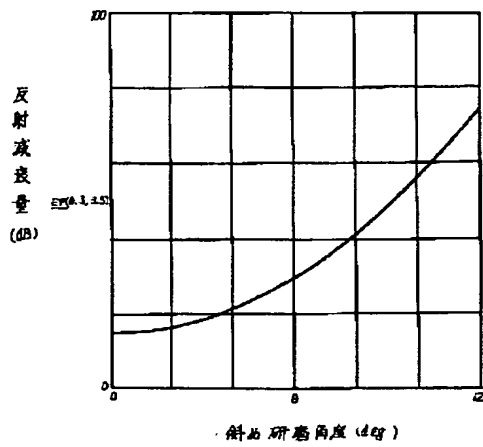
【図3】



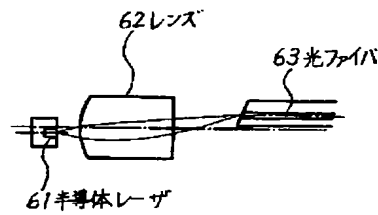
【図4】



【図5】



【図6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)